هیدروژئومورفولوژی، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۴، صص ۱۵۷-۱۳۷
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۳۰ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۲۰

تحلیل روند تغییرات مورفولوژیکی الگوی آبراهه بابل رود از طریق نیمرخ‌های متساوی‌البعد (ترانسکت)

مجتبی یمانی[۱]
ابوالقاسم گورابی[۲]
زهرا عابدینی[۳]

چکیده

رودخانه‌ها سیستم‌هایی پویا بوده و مشخصه‌های فضایی-زمانی آن‌ها پیوسته در حال تغییر هستند. این تغییرات و جابه‌جایی مشکلاتی را برای کاربری‌های انسانی و اکولوژیکی در برداشته و بررسی این تغییرات از مباحث مهم ژئومورفولوژی رودخانه‌ای محسوب می‌گردد. در این پژوهش، به بررسی تغییرات مورفولوژیک قسمتی از آبراهه بابل رود در طی بازه زمانی (۱۳۳۴-۱۳۹۳) و مکانی (از شهر بابل تا روستای کاردگرکلا به طول ۴۵/۱۸ کیلومتر) پرداخته‌شده است. با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و ۱۳۸۳ و تصاویر ماهواره Land Sat 8 سال ۱۳۹۳ مسیر رودخانه در سه دوره زمانی در محیط نرم‌افزار Arc GIS رقومی شده است. برای تجزیه‌وتحلیل دقیق تغییرات آبراهه در دوره موردمطالعه؛ بعد از تعیین خط القعر، خط ثابت و ترانسکت‌هایی بافاصله ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته‌شده است. سپس در محیط Arc Gis بعد از تعیین ترانسکت‌ها و خط‌القعر، پلی گون‌هایی ایجاد شد و مساحت هر پلی گون نسبت به دوره قبل باهم مقایسه شده است. در نهایت از طریق تطبیق اختلافات موجود بین ترانسکت‌های متوالی زمانی، تغییرات خط القعر در بستر رودخانه تعیین شد. نتایج مقایسه بازه‌ها نشان می‌دهد که الگوی رودخانه در سه دوره زمانی در محدوده موردمطالعه نسبتاً ناپایدار بوده و روند پسروی داشته است. بیشترین تغییرات در بازه دوم روی‌داده است. هم‌چنین از طریق ترانسکت بندی، تغییرات خط‌القعر طی دوره موردمطالعه بررسی‌شده و بیشترین تغییرات در ترانسکت ۹ تا ۲۲ رخ‌داده است. دلیل عمده تغییرات، جابه‌جایی خط‌القعر تحت تأثیر عوامل طبیعی است.

واژه‌های کلیدی: بابل رود؛ تغییرات بستر؛ ترانسکت، الگوی رود

۱ـ استاد دانشگاه تهران، گروه ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا (نویسنده مسئول) Email:myamani@ut.ac.ir
۲ـ استادیار دانشگاه تهران، گروه ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا
۳ـ دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران

مقدمه

رودخانه‌ها به‌دلیل اهمیت فراوان در زمینه تأمین منابع آب‌وخاک مورد توجه انسان بوده و عمده سکونتگاه‌های بشری در جوار آنها استقراریافته‌اند؛ رودخانه‌ها شاهرگ‌های حیاتی برای تمرکز فعالیت‌های انسانی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌روند (یمانی و فخری، ۱۳۹۱). دسترسی به آب‌وخاک مناسب موجب شده است تا بخش عمده‌ای از آبادی‌ها و اراضی زراعی ایران در سواحل رودخانه‌ها استقرار یابند (یمانی و همکاران،۱۳۹۰). به‌دلیل همین اهمیت اقتصادی، اجتماعی و طبیعی، رودخانه‌ها به‌عنوان مهم‌ترین عوارض ژئومورفولوژی دینامیک از دیرباز موردتوجه ژئومورفولوژیست‌ها و دانشمندان و محققان مختلف بوده‌اند. مورفولوژی رودخانه به‌واسطه الگو و شکل آبراهه توصیف‌شده و به‌وسیله عواملی از قبیل دبی، شیب سطحی جریان، سرعت، عرض و عمق آبراهه و مواد بستر رودخانه و نظایر آن تعیین می‌شود. این عوامل مستقل از یکدیگر نبوده و وابسته به هم هستند (ماتوستا[1]،۲۰۱۱).

مورفولوژی رودخانه‌ها در طول زمان در حال تغییر است؛ به‌دلیل فرسایش کناری و جابه‌جایی مرزهای رودخانه هرساله سطح وسیعی از اراضی کشاورزی و نواحی مسکونی و تأسیسات ساحلی در معرض نابودی و تخریب قرار می‌گیرند (رنگزن، صالحی و سلحشوری، ۱۳۸۷). ازاین‌رو مطالعه رودخانه‌ها در ژئومورفولوژی به‌منظور شناسایی شکل و الگوی کلی، نحوه تغییر و تحول آن جهت تحلیل پایداری و فرسایش کناری آن‌ها صورت می‌گیرد (مقصودی، شرفی و مقامی، ۱۳۸۹). رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی در طول مسیر خود اشکال مختلفی به خود می‌گیرند. تغییرات دبی جریان، میزان بار رسوبی و شیب بستر و به‌تبع آن روند فرسایش و رسوب‌گذاری در مسیر رودخانه تعیین‌کننده تغییرات مورفولوژیک و شکل پلان رودخانه است. علاوه بر عوامل طبیعی شکل‌دهنده الگو و مشخصات رودخانه‌ها و تغییرات آن‌ها در طی زمان، عوامل انسانی در بستر طبیعت و به‌ویژه در مجاورت رودخانه‌ها نیز موجب تغییر روند فرسایش کناره‌ها و بستر می‌شود. رودخانه بابل رود نیز به‌دلیل استقرار سکونتگاه‌های شهری و روستایی و کاربری‌های زراعی متعدد در جوار آن‌ها دستخوش تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسان بوده است و تغییرات آن اهمیت به‌سزایی در مدیریت اراضی کنار رودخانه دارد. همچنین تغییر کاربری‌های اراضی و احداث و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل در ۶۰ سال اخیر یکی از دلایل دیگر بوده است؛ بنابراین مطالعه روند و میزان تغییرات بستر و کناره‌ها و شناسایی عوامل مؤثر بر این تغییرات مدنظر پژوهش حاضر است.

1- Matusta

در زمینه تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها تحقیقات زیادی انجام‌شده و بیشتر آن‌ها در ارتباط با مسائل مهندسی رودخانه است. شفیعی‌فر (۲۰۰۱) الگوی مهاجرت رودخانه زهره را که یکی از رودخانه‌های حوضه خلیج‌فارس در جنوب ایران است، بر اساس چند سری عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای مطالعه کرده است. هدف این پژوهش، مکان‌یابی ساختگاه مناسب جهت پرورش ماهی در ساحل رودخانه است. فرخی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی تغییرات پلان رودخانه دز با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS نتیجه گرفتند که رودخانه بیشتر از الگوی پیچان‌رودی تبعیت می‌کند و سواحل آن جابه‌جایی زیادی داشته است .مرید و همکاران (۱۳۸۳) روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون را بر اساس چهار سری تصاویر ماهواره‌ای Landsat و IRS بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر است؛ و تراکم و اندازه انحنای قوس‌ها به سمت پایین‌دست جابه‌جاشده است. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی روند تغییرات الگوی مورفولوژیک رودخانه خرم‌آباد در سه بازه زمانی مختلف با استفاده از عکس‌های هوایی تصاویر ماهواره‌ای، شاخصه هندسی رودخانه را اندازه‌گیری کرده و سپس به تحلیل آماری این شاخص‌ها پرداختند و درنهایت به این نتیجه رسیده‌اند که در محدوده موردمطالعه آن‌ها ابتدا کاهش تعداد پیچان‌رود و سپس افزایش تعداد پیچان‌رود اتفاق افتاده و شاخصه‌ای هندسی به‌دست‌آمده حاکی از تغییر الگوی رودخانه به‌ویژه به دلیل تغییر کاربری اراضی مجاور رودخانه بوده است. یمانی و فخری (۱۳۹۱) به بررسی تغییرات الگوی رودخانه جگین در جلگه ساحلی مکران پرداخته‌اند. آن‌ها با بررسی متغیرهای مؤثر بر تغییرات رودخانه جگین به روش مقایسه زمانی-مکانی تحولات پیچان‌رودی و تغییر مسیر رودخانه در یک بازه ۵۰ ساله با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، عکس هوایی و تصویر ماهواره‌ای و کارمیدانی به این نتیجه رسیدند که فراوانی و توسعه پیچان‌رودها و نیز تغییر مسیر رودخانه در درجه اول وابسته به شیب کم دلتای جگین و سپس ریزدانه بودن بافت رسوبات است. حسینی (۱۳۹۲) در بررسی روند تغییرات الگوی مورفولوژی رودخانه زنجان رود به روش مقایسه زمانی و کانی با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به این نتیجه رسید که آبراهه زنجان رود در محدوده مورد مطالعه روند پایداری است و میزان پایداری در بازه دوم بیشتر از بازه اول و سوم است و بازه سوم هنوز نسبتاً ناپایدار است. یمانی (۱۳۹۲) در بررسی تغییرات زمانی خط ساحلی شرق تنگه هرمز از طریق تحلیل آماری نیمرخ‌های متساوی‌البعد (ترانسکت) به این نتیجه رسید که بیشترین تغییرات در مورفولوژی پیکان‌های ماسه‌ای و در محدوده خورها و مصب رودخانه بوده است. یمانی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات خط ساحلی قاعده سفیدرود به روش تحلیل نیمرخ‌های متساوی البعد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین تغییرات در خط ساحلی در دوره ۱۹۵۵-۱۹۶۶ رخداده که علت این امر در میزان دبی و رسوب رودخانه قبل و بعد از احداث سفیدرود می‌دانند.

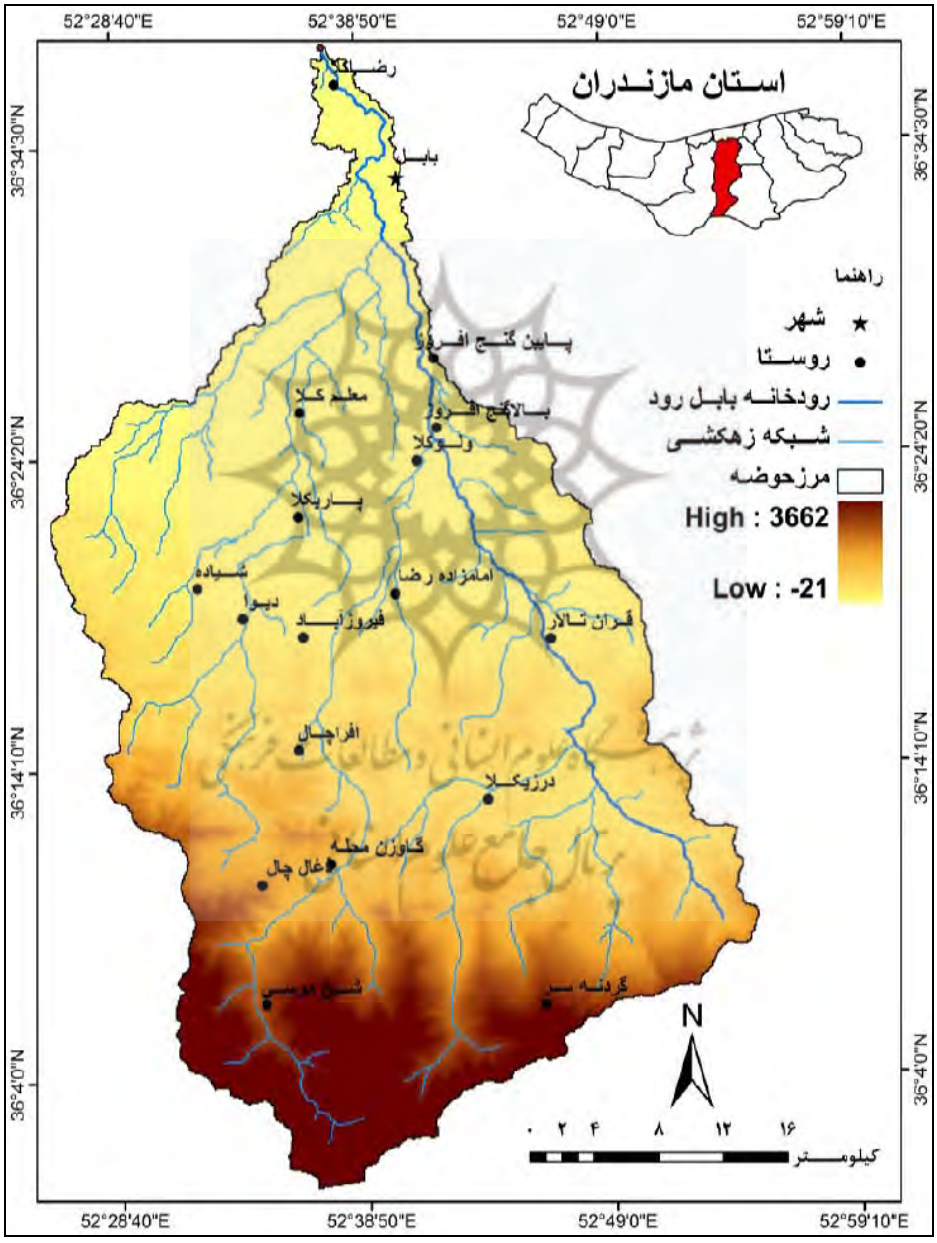
از بین پژوهشگران خارجی، لئوپولد[1] وولمن[2] (۱۹۵۷) متذکر شده‌اند که شکل آبراهه اشاره بر برش عرضی رودخانه دارد و ازآنجاکه شکل برش عرضی رودخانه‌ها دچار تغییر می‌شود، شکل باید جزو مشخصه‌های فعالیت رودخانه در مراحل مختلف جریان به‌حساب آورده شود. بنابر اظهار این پژوهشگران الگوی آبراهه اشاره بر بازه‌های محدود رودخانه دارد که می‌تواند به‌صورت مستقیم، سینوسی، مئاندری یا بریده‌بریده (فرا شاخه‌ای) تعیین شود. تایمر[3] (۲۰۰۳) با بررسی روش‌های کنترل تغییرات پیچان‌رودی بر روی رودخانه تیس زا[4] نتیجه گرفت که پیچان‌رودی شدن رودخانه به‌شدت تحت تأثیر موقعیت گسل‌ها و فرونشست‌های غیرعادی است. چو[5] و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی افزایش تغییرات الگوی رودخانه زرد کنونی (هوانگ هو) در قسمت دلتایی در چین با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور نتیجه گرفتند که در دوره زمانی ۱۹۷۶-۲۰۰۰ م بیشترین فرسایش در بالای دماغه‌ی دیالاکو[6] و شینگیانگو[7] رخداده و به‌طرف خط ساحلی حدود ۴/۵-تا ۷-متر عقب‌نشینی داشته است. ولرو[8] (۲۰۰۹) در مطالعه خود در رابطه با بازه پیچان‌رودی میان دست رودخانه ابرو[9] در اسپانیا احداث سد، تغییر کاربری اراضی و احداث سیل شکن‌ها (سیل‌بندها) را که آبراهه اصلی را محدود می‌کند، عامل تغییر رفتار سیستم رودخانه قلمداد کرده که نیاز مبرم به یک برنامه مدیریتی جامع دارد. وی راهکار ایجاد «قلمرو رودخانه‌ای»[10] را برای حل این مسئله پیشنهاد کرده است. این پژوهش نیز به بررسی مورفولوژی قسمتی از رودخانه بابل رود با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis پرداخته است. هدف آن نیز تعیین و بررسی روند تغییرات مورفولوژی رودخانه و عوامل مؤثر بر این تغییرات در بازه موردمطالعه طی سه دوره زمانی است.

منطقه موردمطالعه

حوضه آبریز بابل رود از رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز دریای مازندران است که بین ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی از استوا و ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرارگرفته است (شکل ۱). حد شمالی حوضه آبریز بابل رود به دریای خزر و حد جنوبی آن کوه‌های سوادکوه و حد شرقی آن حوضه آبریز رودخانه تالار و حد غربی آن حوضه آبریز رودخانه هراز است. شاخه‌های مهم رودخانه بابل عبارت‌اند از: سجاد رود، رود بابلک، رود آذر و کلارود که پس از به‌هم پیوستن رود بابل را تشکیل

1- Leopold
2- Wolman
3- Timar
4- Tisza
5- Chu
6- Diaokou
7- Shenxiangou
8- Ollero
9- Ebro
10- Fluvial Territory

می‌دهند که این رود پس از آبیاری شالیزارهای بابل در بابلسر به دریای خزر می‌ریزد (خانی سدهی، ۱۳۷۴). شاخه اصلی این رودخانه به نام بابل رود است که جهت جریان آن از جنوب به شمال است. شاخه سجاد رود از سمت غرب رودخانه اصلی سرچشمه گرفته و پس از طی مسیری حدود ۵۰ کیلومتر، از شروع جلگه به بابل رود می‌ریزد. در وسط مخروط افکنه رود و در بالادست شهر بابل، شاخه خوش‌رود که خود از زیرشاخه به نام‌های متالون رود، کلارود و بزرود تشکیل گردیده از سمت غرب به آن می‌پیوندد (یمانی و همکاران، ۱۳۸۵).



شکل (۱) منطقه موردمطالعه

مواد و روش‌ها

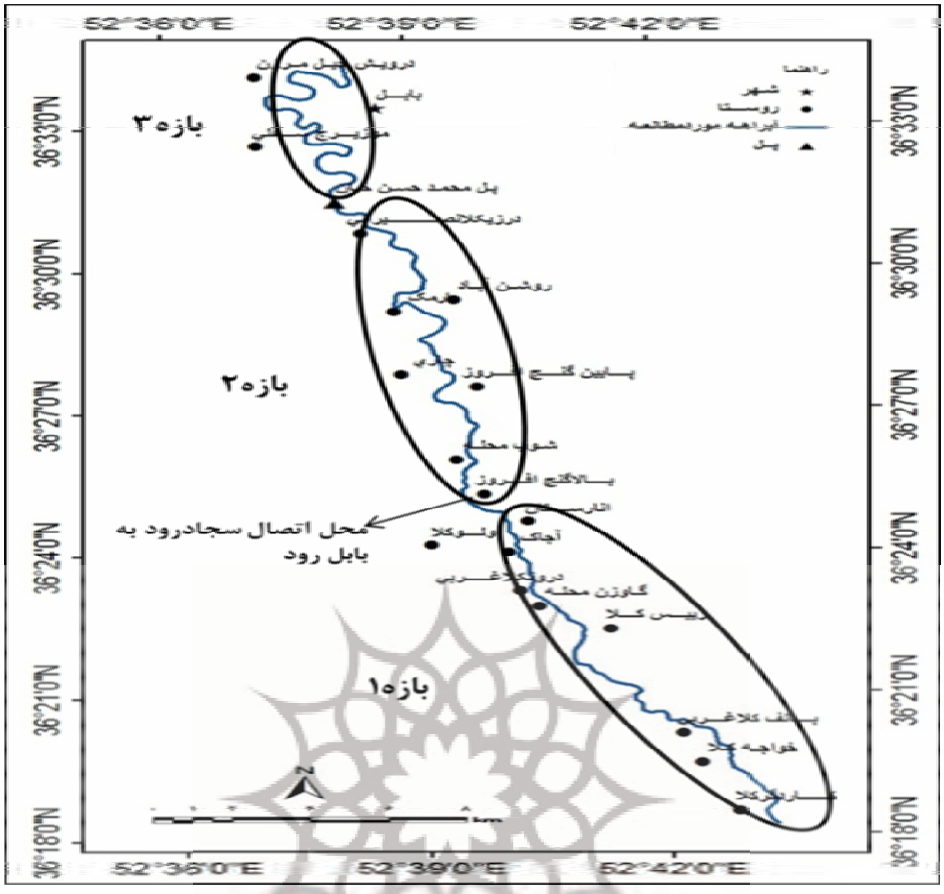
برای بررسی میزان تغییرات رودخانه بابل رود، با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای جابجایی بستر آبراهه در دوره‌های زمانی ۱۳۳۴، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ موردمطالعه قرار گرفت. ابتدا عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۳ اسکن شده و در محیط ENVI با واردکردن مختصات نقاط تعیین‌شده در Google earth رقومی شدند. در این مرحله برای اعتبار سنجی عکس‌های رقومی شده از لایه‌های ۲۵۰۰۰ آبراهه‌ها و عوارض انسانی ازجمله جاده‌ها به‌دلیل وجود و ثابت بودن آن در تمام دوره زمانی موردمطالعه استفاده شد. همچنین برای اعتبارسنجی، عکس‌های رقومی شده به محیط Google earth منتقل و با عارضه‌های موجود درروی آن تطبیق داده شد. در این روش بستر رودخانه در محدوده موردمطالعه از روی عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ سازمان جغرافیایی ارتش و عکس‌های ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۸۳ سازمان نقشه‌برداری و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸[1] سال ۱۳۹۳ در نرم‌افزار Arc map ترسیم شد. سپس بر اساس لایه‌های تهیه‌شده اقدام به مقایسه تغییرات گردید. از طرفی علاوه بر مقایسه تغییرات در بعد زمانی، مسیر موردمطالعه با توجه به شکل آبراهه (شریانی، پیچان‌رودی) و الگوی زهکشی آن، به سه بازه از جنوب به شمال (خروجی حوضه) تقسیم‌شده است. با توجه به این‌که کلیات مورفولوژیکی رودخانه از روی عکس‌های هوایی و تصاویر استخراج‌شده لذا تفاوت در دقت آن‌ها در مقایسه با تغییرات مورفولوژیکی در دوره‌های مختلف قابل‌چشم‌پوشی است. بنابراین در ترسیم مورفولوژی رودخانه از عکس‌های با دقت متفاوت استفاده شده است (شکل ۱).

الف: بازه اول یا بازه شریانی: این بازه با طول تقریبی ۱۵/۴۴ کیلومتر از محدوده آبادی کاردگرکلا تا محل اتصال سجاد رود به بابل رود امتداد دارد.

ب: بازه دوم یا بازه حد واسط بین حالت مئاندری و بریده‌بریده (شریانی): این بازه با طول تقریبی ۱۶/۸۹ کیلومتر از محل اتصال سجاد رود به بابل رود تا پل محمدحسن خان امتداد دارد.

پ: بازه سوم یا بازه پیچان‌رودی: این بازه با طول تقریبی ۱۲/۸۵ کیلومتر از پل محمدحسن خان تا حدود شهر بابل امتداد دارد.

1- Landsat8

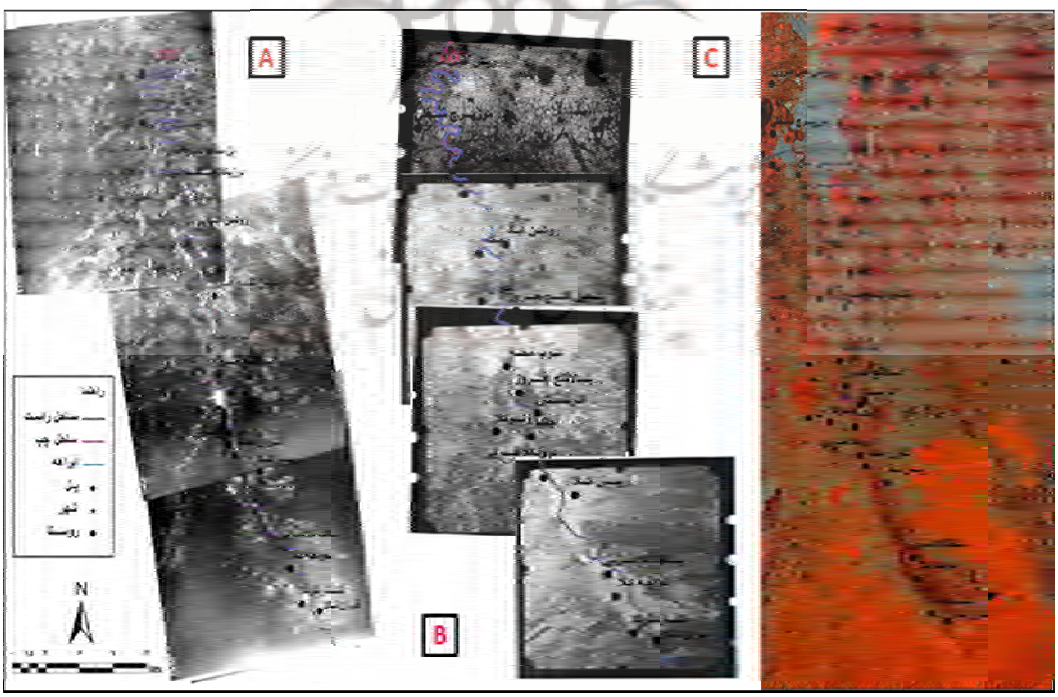


شکل (۲) موقعیت بازه موردمطالعه از رودخانه بابل رود

همچنین برای تجزیه‌وتحلیل دقیق تغییرات آبراهه در طول دوره مورد مطالعه، ترانسکت‌هایی در امتداد رودخانه با فاصله عرضی ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته‌شده است. برای هرکدام از این ترانسکت‌ها یک خط ثابت که تغییرات خط القعر نسبت به آن اندازه‌گیری شده است در نظر گرفته‌شده است. سپس بعد از تعیین خط‌القعر، خط ثابت و ترانسکت‌هایی بافاصله ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته‌شده است، سپس در محیط Arc Gis بعد از تعیین ترانسکت‌ها و محور اصلی و خط‌القعر، پلی‌گون‌هایی ایجادشده و مساحت هر پلی‌کون نسبت به دوره قبل بل هم مقایسه شده است. در نهایت از طریق تطبیق اختلافات موجود، تغییرات خط‌القعر در بستر رودخانه تعیین و علت این تغییرات در هر ترانسکت مشخص شد. همچنین از تفاضل مساحت ترانسکت‌های سواحل چپ وراست سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۳۴، انحراف‌خط‌القعر به سمت سواحل چپ و راست خط‌القعر مشخص شد. روش مقایسه این‌گونه بود که ابتدا در مورد هر بازه ساحل راست، مقادیر پسروی از پیشروی کم شد و چنانچه عدد حاصله مثبت بود به معنای پیشروی (گسترش و عریض‌شدگی بستر) و چنانچه عدد به‌دست‌آمده منفی باشد به معنای پسروی (تحدید بستر آبراهه) است. این مراحل برای هر بازه ساحل چپ نیز

رعایت شد و درنهایت مجموع ارقام مربوط به ساحل چپ وراست هر بازه محاسبه شد تا میزان گسترش یا عریض شدگی و میزان تحدید یا پسروی بستر مشخص شود.

برای تعیین نوع تغییرات هر یک از سواحل، ابتدا موقعیت هر خط ساحلی در بازه‌های مکانی موردمطالعه با خط ساحلی دوره قبل خود مورد مقایسه قرار گرفت تا نوع جابجایی‌ها در قالب پیشروی و پس‌روی مشخص شود. سپس برای هر ساحل در هر دوره لایه‌ای تهیه شد که در آن ضمن تعیین نوع جابجایی، سطح جابجایی‌ها نیز نسبت به دوره قبل اندازه‌گیری شد. در نهایت برای هر بازه زمانی (دوره) مورد مطالعه، بازه‌های مکانی از قبل تعیین شده از هم تفکیک‌شده و جداول آماری مجزایی برای هرکدام از آن‌ها در نظر گرفته شد تا در هر دوره زمانی امکان مقایسه مکانی بین بازه‌ها نیز فراهم‌شده باشد. مقایسه زمانی عکس‌های هوایی و تصاویر سه دوره به ما نشان داد که مورفولوژی رودخانه در طی زمان دچار تغییرات شده است. برای پی بردن به‌دلایل این تغییرات، نقشه کاربری هر دوره نیز تهیه‌شده و تغییرات کاربری در دوره مورد نظر با دوره ماقبل خود مورد مقایسه قرار گرفت. در نهایت وضعیت تغییرات درکل دوره نیز نسبت به دوره اول و میانی مورد مقایسه قرار گرفت. علت این تغییرات نیز تحلیل و ارتباط داده شد. همچنین میزان تغییرات مورفولوژیکی با تغییرات کاربری صورت گرفته مورد مطالعه قرار گرفت. موقعیت بازه‌های مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و ۱۳۸۳ بازه مورد مطالعه و تصاویر ماهواره‌ای آن نیز در شکل ۳ نشان داده‌شده است.



شکل (۳) A- عکس هوایی سال ۱۳۳۴ بازه موردمطالعه بابل رود B -عکس هوایی سال ۱۳۸۳ بازه موردمطالعه بابل رود C- تصاویر ماهواره‌ای بازه موردمطالعه بابل رود

بحث و نتایج

ـ برآورد تغییرات دوره اول (۱۳۸۳ نسبت به ۱۳۳۴)

تغییرات خط ساحلی راست و چپ بازه‌ها در دوره اول در جدول ۱ نشان داده‌شده است و طبق این جدول هر سه بازه ساحل راست و چپ در دوره اول به‌طورکلی دارای روند پسروی بوده است.

جدول (۱) سطوح پیشروی و پسروی ساحل راست و چپ آبراهه و مساحت آن برحسب کیلومترمربع در دوره اول

برآورد تغییرات دوره اول (۱۳۸۳ نسبت به ۱۳۳۴)								
ساحل راست								
بازه اول			بازه دوم			بازه سوم		
نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع
۸ سطح پیشروی	۰/۰۴	۰/۳۳	۹ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۱۰	۲۱ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۰۹
۹ سطح پسروی	۰/۱۲	۱/۱۱	۹ سطح پسروی	۰/۲۰	۱/۷۹	۱۹ سطح پسروی	۰/۰۱	۰/۱۵
ساحل چپ								
بازه اول			بازه دوم			بازه سوم		
نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع
۱۱ سطح پیشروی	۰/۰۲	۰/۲۳	۷ سطح پیشروی	۰/۰۲	۰/۱۵	۱۴ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۱۱
۱۱ سطح پسروی	۰/۱۲	۱/۳۱	۸ سطح پسروی	۰/۲۴	۲/۱۸	۱۵ سطح پسروی	۰/۰۱	۰/۱۶

ـ برآورد تغییرات دوره دوم (۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۸۳)

تغییرات خط ساحلی راست و چپ بازه‌ها در دوره دوم در جدول ۲ نشان داده‌شده است و طبق این جدول بازه اول ساحل راست در دوره دوم به‌طورکلی دارای روند پسروی، بازه دوم دارای روند پیشروی و بازه سوم دارای روند پسروی است. همچنین بازه اول ساحل چپ در دوره دوم دارای روند پیشروی و بازه دوم و سوم ساحل چپ دارای روند پسروی بوده است.

جدول (۲) سطوح پیشروی و پسروی ساحل راست و چپ آبراهه و مساحت آن برحسب کیلومترمربع در دوره دوم

برآورد تغییرات دوره دوم (۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۸۳)								
ساحل راست								
بازه اول			بازه دوم			بازه سوم		
نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع
۱۸ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۱۰	۲۹ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۱۸	۱۶ سطح پیشروی	۰	۰/۰۱
۱۶ سطح پسروی	۰/۰۱	۰/۲۰	۲۳ سطح پسروی	۰	۰/۰۸	۱۹ سطح پسروی	۰/۰۱	۰/۲۸
ساحل چپ								
بازه اول			بازه دوم			بازه سوم		
نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع
۱۷ سطح پیشروی	۰/۰۲	۰/۲۶	۱۱ سطح پیشروی	۰	۰	۱۳ سطح پیشروی	۰	۰/۰۱
۱۷ سطح پسروی	۰/۰۱	۰/۲۱	۱۴ سطح پسروی	۰/۰۳	۰/۳۹	۱۶ سطح پسروی	۰/۰۲	۰/۲۸

ـ برآورد تغییرات دوره سوم (۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۳۴)

تغییرات خط ساحلی راست و چپ در بازه‌ها در دوره سوم در جدول ۳ نشان داده‌شده است و طبق این جدول، به‌طورکلی هر سه بازه ساحل راست و چپ در دوره سوم دارای روند پسروی بوده است.

جدول (۳) سطوح پیشروی و پسروی ساحل راست و چپ آبراهه و مساحت آن برحسب کیلومترمربع در دوره سوم

برآورد تغییرات دوره سوم (۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۳۴)								
ساحل راست								
بازه اول			بازه دوم			**بازه سوم**		
نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع	نوع	مساحت	مجموع
۱۴ سطح پیشروی	۰/۰۲	۰/۲۹	۱۸ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۱۲	۱۰ سطح پیشروی	۰	۰/۰۱
۱۵ سطح پسروی	۰/۰۸	۱/۱۶	۱۹ سطح پسروی	۰/۰۹	۱/۷۳	۱۶ سطح پسروی	۰/۰۲	۰/۳۷
ساحل چپ								
بازه اول			**بازه دوم**			**بازه سوم**		
نوع	**مساحت**	**مجموع**	**نوع**	**مساحت**	**مجموع**	**نوع**	**مساحت**	**مجموع**
۹ سطح پیشروی	۰/۰۳	۰/۲۶	۱۱ سطح پیشروی	۰/۰۱	۰/۱۰	۲۰ سطح پیشروی	۰	۰/۰۲
۹ سطح پسروی	۰/۱۳	۱/۱۴	۱۱ سطح پسروی	۰/۲۲	۲/۴۴	۲۵ سطح پسروی	۰/۰۱	۰/۳۶

ـ تغییرات کل آبراهه در سه دوره

با توجه به محاسبات انجام‌شده و نتایج به‌دست‌آمده برای بازه‌های مختلف، تغییرات آبراهه در قالب گسترش و تحدید به‌دست آمد. داده‌های مربوط به تغییرات آبراهه در بازه‌های موردمطالعه در سه دوره، در جدول ۴، ۵ و ۶ نشان داده‌شده است. بر اساس داده‌های جداول، آبراهه موردمطالعه در دوره اول در سه بازه و در هر دو ساحل روند تحدید و عقب‌نشینی داشته است که در بازه دوم شدت آن نسبت به دو بازه دیگر بیشتر بوده است. آبراهه موردمطالعه در دوره دوم در بازه اول ۰/۰۵ کیلومترمربع تحدید داشته و در بازه دوم و سوم به ترتیب ۰/۲۹، ۰/۵۴ کیلومتر عقب‌نشینی کرده است ولی میزان محدودشدگی در بازه دوم نسبت به بازه سوم کمتر بوده است. آبراهه موردمطالعه در دوره سوم در بازه اول ۱/۷۵ کیلومترمربع عقب‌نشینی داشته و در بازه دوم و سوم نیز به ترتیب ۳/۹۵ و ۰/۷ کیلومترمربع محدودشده است ولی میزان محدودشدگی در بازه دوم نسبت به دو بازه دیگر بیشتر بوده است. نتایج حاصل از بررسی پهنه‌های پسروی و پیشروی در ساحل چپ وراست رودخانه در بازه‌های زمانی و مکانی مختلف نشان داد که بستر رودخانه (مسیر موردمطالعه) در تمام بازه زمانی مورد مطالعه دارای روند عقب‌نشینی و تحدید از کناره‌های بستر آبراهه بوده است. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که پسروی بستر رودخانه در بازه میانی (بازه دوم) بیشترین میزان را داشته و از این نظر بازه اول و سوم به ترتیب در رده دوم و سوم قرار می‌گیرند.

جدول (۴) داده‌های تغییرات کل آبراهه در بازه‌های موردمطالعه در دوره اول

تغییرات کل / دوره اول	بازه اول		بازه دوم		بازه سوم	
	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی
ساحل راست	۰/۳۳	۱/۱۱	۰/۱	۱/۷۹	۰/۰۹	۰/۱۵
برآیند تغییر	-۰/۷۸		-۱/۶۹		-۰/۰۶	
وضعیت	-		-		-	
ساحل چپ	۰/۲۳	۱/۳۱	۰/۱۵	۲/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۶
برآیند تغییر	-۱/۰۸		-۲/۰۳		-۰/۰۵	
برآیند تغییرات	-۱/۸۶		-۳/۷۲		-۰/۱۱	
وضعیت	-		-		-	

+ پیشروی و- پسروی

جدول (۵) داده‌های تغییرات کل آبراهه در بازه‌های موردمطالعه در دوره دوم

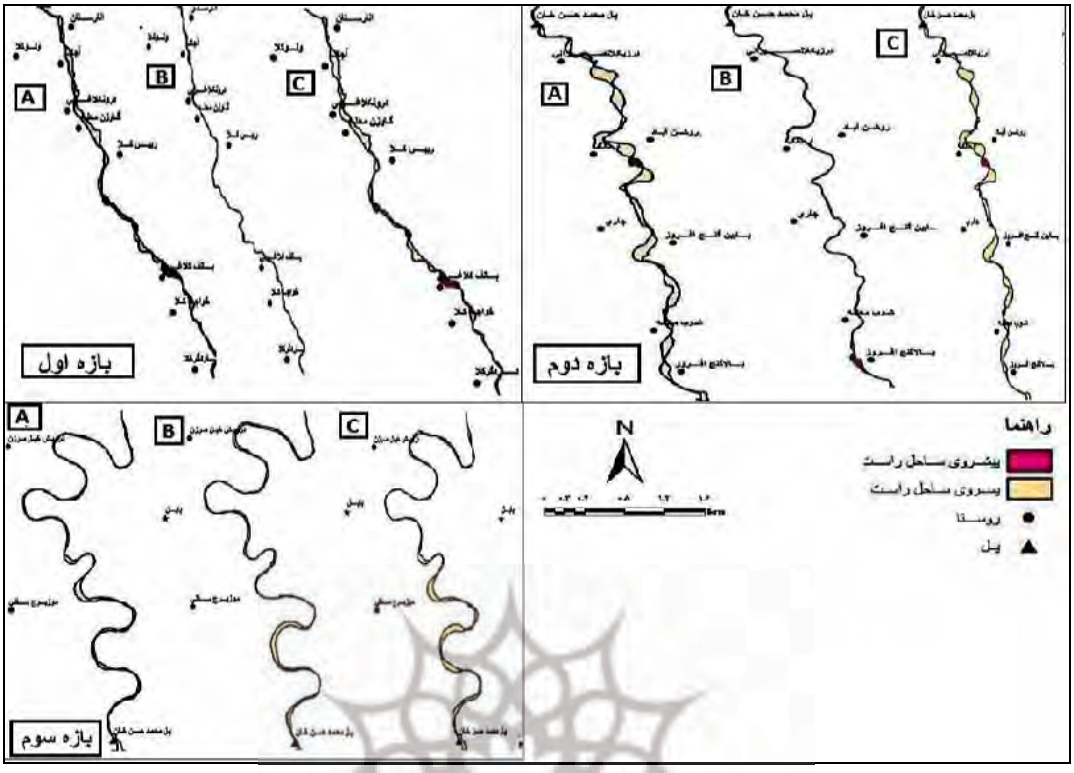
تغییرات کل / دوره دوم	بازه اول		بازه دوم		بازه سوم	
	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی
ساحل راست	۰/۱	۰/۲	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۲۸
برآیند تغییر	-۰/۱		۰/۱		-۰/۲۷	
وضعیت	-		+		-	
ساحل چپ	۰/۲۶	۰/۲۱	۰	۰/۳۹	۰/۰۱	۰/۲۸
برآیند تغییر	۰/۰۵		-۰/۳۹		-۰/۲۷	
برآیند تغییرات	-۰/۰۵		-۰/۲۹		-۰/۵۴	
وضعیت	-		-		-	

+ پیشروی و- پسروی

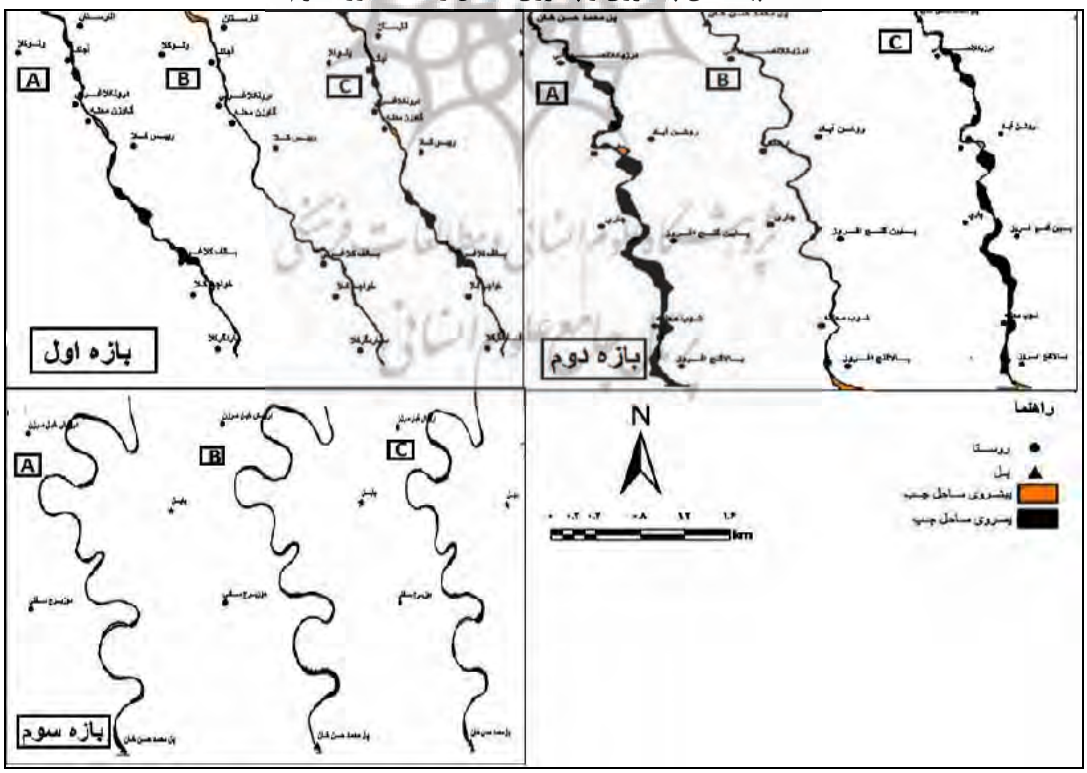
جدول (۶) داده‌های تغییرات کل آبراهه در بازه‌های موردمطالعه در دوره سوم.

تغییرات کل / دوره سوم	بازه اول		بازه دوم		بازه سوم	
	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی
ساحل راست	۰/۲۹	۱/۱۶	۰/۱۲	۱/۷۳	۰/۰۱	۰/۳۷
برآیند تغییر	۰/۸۷		-۱/۶۱		-۰/۳۶	
وضعیت	+		-		-	
ساحل چپ	۰/۲۶	۱/۱۴	۰/۱	۲/۴۴	۰/۰۲	۰/۳۶
برآیند تغییر	-۰/۸۸		-۲/۳۴		-۰/۳۴	
برآیند تغییرات	-۱/۷۵		-۳/۹۵		-۰/۷	
وضعیت	-		-		-	

+ پیشروی و- پسروی



شکل (۴) A- پهنه‌های پیشروی و پسروی ساحل راست –دوره اول B – پهنه‌های پیشروی و پسروی ساحل راست - دوره دوم C- پهنه‌های پیشروی و پسروی ساحل راست –دوره سوم



شکل (۵) A- پهنه‌های پیشروی و پسروی ساحل چپ–دوره اول B - پهنه‌های پیشروی و پسروی ساحل چپ - دوره دوم C- پهنه‌های پیشروی و پسروی ساحل چپ ± دوره دوم

ـ برآورد تغییرات از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۳ بر اساس روش نیمرخ‌های متساوی البعد (ترانسکت)

اعداد دو ستون آخر جدول ۷ نمایانگر تغییرات رودخانه طی دوره موردمطالعه است، این اعداد از تفاضل مساحت ترانسکت چپ سال ۳۴ از ترانسکت چپ سال ۹۳ و ترانسکت راست سال ۳۴ از ترانسکت راست سال ۹۳ به‌دست‌آمده است. اعداد مثبت در هرکدام از سواحل نشان‌دهنده پیشروی خط‌القعر به سمت ساحل موردنظر و اعداد منفی نشان‌دهنده پسروی یا عقب‌نشینی خط القعر می‌باشند. همچنین دلیل قرینه بودن اعداد در دو ساحل چپ و راست ناشی از این است که پیشروی به‌اندازه n مقدار به سمت راست (چپ) مستلزم پسروی به همان اندازه (n) به سمت چپ (راست) است. به‌عبارت‌دیگر همان اندازه که در یک ساحل رودخانه پیشروی دارد، در ساحل مقابل خط القعر دچار عقب‌نشینی شده است. با توجه به مساحت تغییرات، طی دوره ۳۴ تا ۹۳، کمترین تغییرات در ترانسکت‌های شماره ۲۴ تا ۲۸ رخ‌داده است. دلیل تغییرات کم در این ترانسکت‌ها، عبور رودخانه از داخل بافت شهری و زمین‌های کشاورزی بوده است. این امر سبب شده است که تغییرات در حاشیه رودخانه توسط انسان کنترل شود. همچنین در ترانسکت شماره یک نیز میزان تغییرات کم بوده است که دلیل آن را می‌توان تغییرات کمتر رودخانه در خروجی خود از کوهستان دانست. ترانسکت‌های شماره ۹ تا ۲۲ نیز دارای بیشترین مقدار تغییرات است که این ترانسکت‌ها در بازه دوم قرار می‌گیرد. در جدول ۸ دلایل تغییر هرکدام از ترانسکت‌ها به‌طور مجزا بررسی‌شده است.

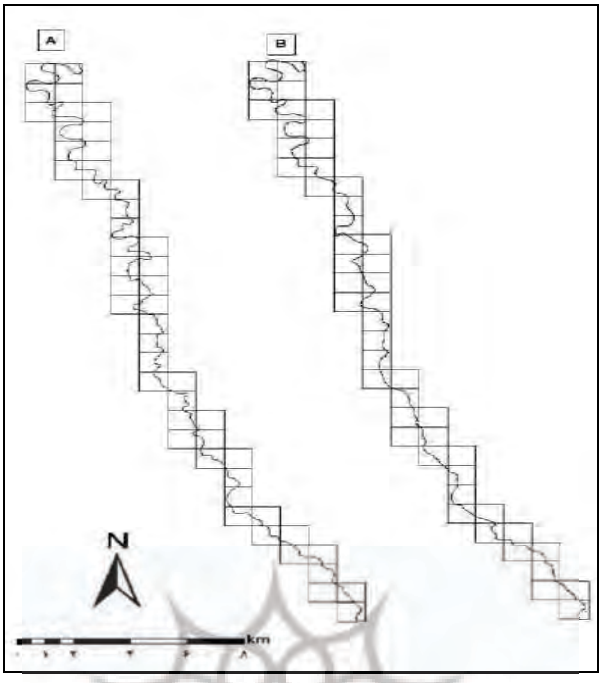
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۷) پیشروی و پسروی خط القعر در داخل ترانسکت‌های موردمطالعه

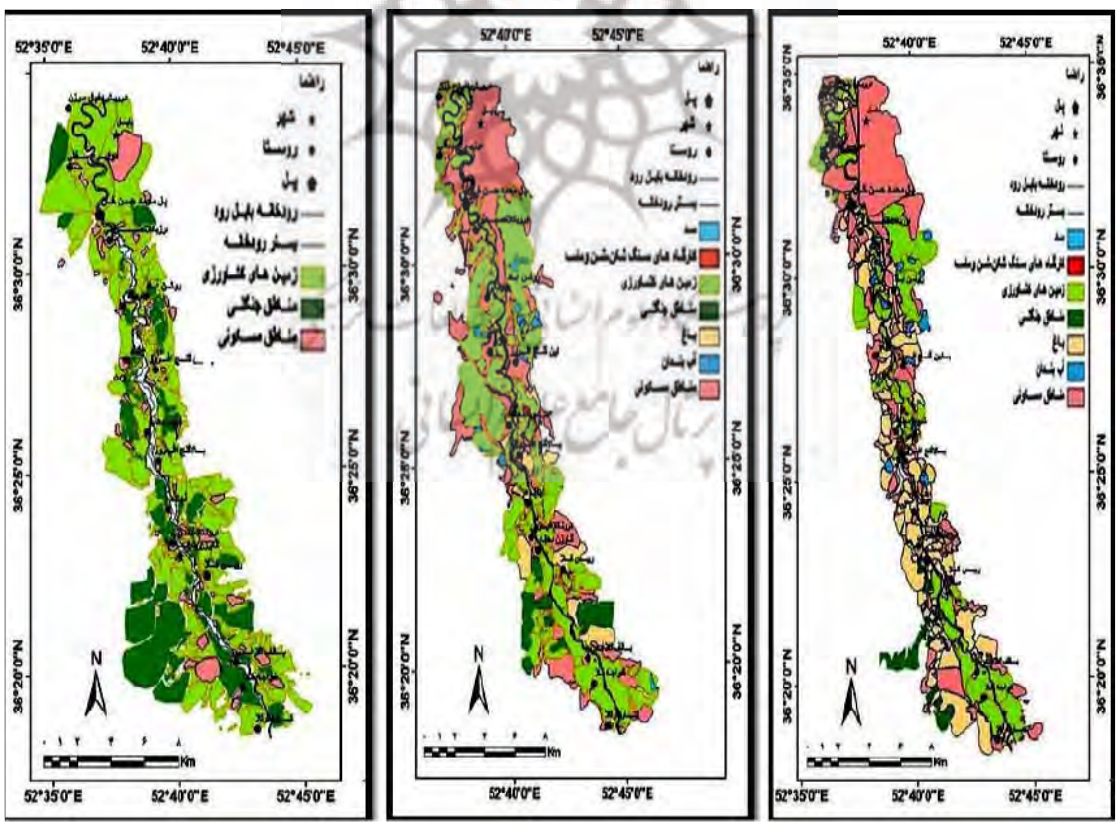
تفاضل ساحل چپ	تفاضل ساحل راست	مساحت ساحل چپ ۹۳	مساحت ساحل راست ۹۳	مساحت ساحل چپ ۳۴	مساحت ساحل راست ۳۴	تران است
۱۷۰۹/۵	-۱۷۰۹/۵	۷۲۹۸۱۷/۶	۲۷۰۱۸۲/۴	۷۳۱۵۲۷/۱	۲۶۸۴۷۲/۹	۱
-۲۴۱۴۲	۲۴۱۴۱/۸	۱۲۸۲۵۹۰	۷۱۷۴۱۰/۳	۱۲۵۸۴۴۸	۷۴۱۵۵۲/۱	۲
-۳۹۷۷۹/۹	۳۹۷۷۹/۹	۷۵۹۸۱۴/۳	۲۴۰۱۸۵/۷	۷۲۰۰۳۴/۴	۲۷۹۹۶۵/۶	۳
۱۸۰۶۳۲/۷	-۱۸۰۶۳۳/۴	۸۶۹۲۸۹/۳	۱۱۳۰۷۱۱	۱۰۴۹۹۲۲	۹۵۰۰۷۷/۶	۴
-۶۳۰۴۰/۵	۶۳۰۴۱	۸۰۴۹۱۴/۷	۱۱۹۵۰۸۵	۷۴۱۸۷۴/۲	۱۲۵۸۱۲۶	۵
۶۶۰۱۳/۱	-۶۶۰۱۳	۸۶۱۶۹۶/۲	۱۱۳۸۳۰۴	۹۲۷۷۰۹/۳	۱۰۷۲۲۹۱	۶
۴۴۶۵۹/۱	-۴۴۶۵۹/۱	۱۷۹۵۱۹/۷	۸۲۰۴۸۰/۳	۱۱۴۱۷۸/۸	۷۷۵۸۲۱/۲	۷
-۶۰۴۰۶/۲	۶۰۴۰۶/۲	۲۲۱۸۲۳/۲۴۶۶	۷۱۷۷۷۰/۶	۲۸۲۲۲۹/۴۴۶۶	۷۷۸۱۷۶/۸	۸
-۱۳۴۲۰۳/۶	۱۳۴۲۰۳	۶۰۱۱۷۱/۳	۱۳۹۸۸۲۹	۴۶۶۹۶۷/۹	۱۵۳۳۰۳۲	۹
۱۰۱۹۸	-۱۰۱۹۸	۱۱۴۸۹۳۱	۸۵۱۰۶۹/۱	۱۱۵۹۱۲۹	۸۴۰۸۷۱/۱	۱۰
۱۱۷۶۰/۴	-۱۱۷۶۱	۸۷۳۳۵۵/۴	۱۱۲۶۶۴۵	۸۸۵۱۱۵/۸	۱۱۱۴۸۸۴	۱۱
-۱۸۲۱۰۶	۱۸۲۱۰۶	۶۰۱۳۲۵/۷	۳۹۸۶۷۴/۳	۴۱۹۲۱۹/۷	۵۸۰۷۸۰/۳	۱۲
۴۷۹۴۲۶	-۴۷۹۴۲۶/۳	۷۴۵۷۰۱	۱۲۵۴۲۹۹	۱۲۲۵۱۲۷	۷۷۴۸۷۲/۷	۱۳
-۳۴۵۹۸۶	۳۴۵۹۸۶	۶۴۰۶۸۰/۶	۳۵۹۳۱۹/۴	۲۹۴۶۹۴/۶	۷۰۵۳۰۵/۴	۱۴
۶۹۹۱۱/۹	-۶۹۹۱۱/۹	۶۹۰۵۲۲/۲	۳۰۹۴۷۷/۸	۷۶۰۴۳۴/۱	۲۳۹۵۶۵/۹	۱۵
۱۰۲۴۴۹/۴	-۱۰۲۴۴۹/۴	۶۶۹۳۰۰	۳۳۰۷۰۰	۷۷۱۷۴۹/۴	۲۲۸۲۵۰/۶	۱۶
۱۰۱۴۱۶/۵	-۱۰۱۴۱۶/۵	۱۰۶۸۲۸۰	۹۳۱۷۲۰/۱	۱۱۶۹۶۹۶	۸۳۰۳۰۳/۶	۱۷
۶۱۳۸۳	-۶۱۳۸۳	۱۱۳۵۵۵۶	۸۶۴۴۴۴/۲	۱۱۹۶۹۳۹	۸۰۳۰۶۱/۲	۱۸
۹۲۲۸۳/۹	-۹۲۲۸۴	۷۶۶۴۴۶	۱۲۳۳۵۵۴	۸۵۸۷۲۹/۹	۱۱۴۱۲۷۰	۱۹
۱۹۰۸۴	-۱۹۰۸۴	۸۹۹۰۶۴/۵	۱۰۹۰۶۲۷	۹۱۸۱۴۸/۵	۱۰۷۱۵۴۳	۲۰
-۴۷۲۵/۳	۱۳۵۰۰/۵	۴۰۳۹۲۴/۷	۵۸۷۳۰۰/۱	۳۹۰۴۲۴/۲	۶۰۰۸۰۰/۶	۲۱
-۶۳۱۶/۵	۶۳۱۶/۵	۵۳۲۶۹۵/۱	۴۶۷۳۰۴/۹	۵۲۶۳۷۸/۶	۴۷۳۶۲۱/۴	۲۲
۵۷۴۴۵/۸	۵۷۴۴۵/۸	۸۹۱۷۶۹/۲	۱۰۵۰۷۸۵	۹۴۹۲۱۵	۹۹۳۳۳۹/۲	۲۳
-۴۸۲۷۶	۴۸۲۷۶/۴	۱۱۱۵۸۰۸	۸۸۴۱۹۱/۵	۱۰۶۷۵۳۲	۹۳۲۴۶۷/۹	۲۴
۱۲۹۳۶/۲	-۱۲۹۳۶	۷۲۴۰۴۸/۲	۱۲۷۵۹۵۲	۷۳۶۹۸۴/۸	۱۲۶۳۰۱۶	۲۵
-۷۹۰۳	۷۹۰۳	۴۷۱۲۸۸/۳	۱۵۳۶۱۱۷	۴۶۳۸۸۲/۷	۱۵۲۸۲۱۴	۲۶
۳۸۸۰	-۳۸۸۰	۱۲۷۳۳۲۶	۱۶۹۸۶۳۶	۱۲۷۷۲۰۶	۱۶۹۴۷۵۶	۲۷
۵۸۸۰	-۵۸۸۰	۴۹۹۸۷۹/۲	۱۴۹۴۲۴۱	۵۰۵۷۵۹/۲	۱۴۸۸۳۶۱	۲۸

جدول (۸) علت تغییرات در هر ترانسکت

بازه	ترانسکت	لت تغییر	
		طبیعی	انسانی
۱	۱	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۲	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۳	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۴	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۵	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۶	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۷	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	-
۱	۸	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	ایجاد خاکریز برای کنترل سیلاب که موجب تثبیت بستر رود شده است+پیشروی زمین‌های کشاورزی به داخل بستر
۱	۹	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	ایجاد خاکریز برای کنترل سیلاب که موجب تثبیت بستر رود شده است+پیشروی زمین‌های کشاورزی به داخل بستر
۱	۱۰	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	ایجاد خاکریز برای کنترل سیلاب که موجب تثبیت بستر رود شده‌است +پیشروی زمین‌های کشاورزی به داخل بستر+سد انحرافی گنج افروز
۱	۱۱	جابجایی خط‌القعر داخل پادگانه رودخانه	
۱	۱۲	-	تغییر ناشی از احداث سد و دیواره‌های حاشیه رودخانه
۲	۱۳	-	تغییر ناشی از احداث سد و دیواره‌های حاشیه رودخانه
۲	۱۴	-	تغییر ناشی از احداث سد و دیواره‌های حاشیه رودخانه
۲	۱۵	تغییر خط‌القعر در داخل بستر قدیم	-
۲	۱۶	تغییر خط‌القعر در داخل بستر قدیم	-
۲	۱۷	تغییر خط‌القعر در داخل بستر قدیم	کارخانه‌های شن و ماسه
۲	۱۸	تغییر خط‌القعر در داخل بستر قدیم	-
۲	۱۹	قطع‌شدگی مئاندر	-
۲	۲۰	قطع‌شدگی مئاندر	-
۲	۲۱	افزایش انحنای مئاندر و تغییر مسیر رودخانه	پیشروی زمین‌های کشاورزی
۲	۲۲	تغییر خط‌القعر در داخل بستر قدیم	پیشروی زمین‌های کشاورزی
۲	۲۳	تغییر خط‌القعر در داخل بستر قدیم	پیشروی زمین‌های کشاورزی
۲	۲۴	تغییر جزئی خط‌القعر در داخل بستر قدیم	احداث جاده ساحلی در حاشیه بستر رود+پیشروی زمین‌های کشاورزی
۳	۲۵	تغییر جزئی خط‌القعر در داخل بستر قدیم	توسعه شهر و ساخت‌وسازها+احداث جاده ساحلی در حاشیه بستر رود+تغییر کاربری اراضی
۳	۲۶	تغییر جزئی خط‌القعر در داخل بستر قدیم	توسعه شهر و ساخت‌وسازها+احداث جاده ساحلی در حاشیه بستر رود+تغییر کاربری اراضی
۳	۲۷	تغییر جزئی خط‌القعر در داخل بستر قدیم	توسعه شهر و ساخت‌وسازها+احداث جاده ساحلی در حاشیه بستر رود+تغییر کاربری اراضی
۳	۲۸	تغییر جزئی خط‌القعر در داخل بستر قدیم	توسعه شهر و ساخت‌وسازها+احداث جاده ساحلی در حاشیه بستر رود+تغییر کاربری اراضی



شکل (۶) A: ترانسکت‌های تطبیق داده‌شده با خط القعر سال ۱۳۳۴ B: ترانسکت‌های تطبیق داده‌شده با خط القعر سال ۱۳۹۳



ج ب الف

شکل (۷)نقشه کاربری اراضی (الف=۱۳۳۴)، (ب=۱۳۸۳)، (ج=۱۳۹۳)

شکل (۸) تغییرات ایجادشده تحت تأثیر عامل انسانی

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که الگوی رودخانه در سه دوره زمانی در محدوده موردمطالعه ثابت نبوده و روند پسروی داشته است. در سه دوره زمانی موردمطالعه تغییرات چشمگیری در رودخانه دیده می‌شود، به‌طوری‌که میزان تغییرات ایجادشده در بازه دوم بیشتر از دو بازه دیگر است. در بازه سوم تغییرات در سال‌های موردمطالعه جزئی‌تر بوده است. همچنین از طریق ترانسکت بندی، تغییرات خط القعر طی دوره موردمطالعه بررسی‌شده و بیشترین تغییرات در ترانسکت ۹ تا ۲۲ رخداده است که از بین آن‌ها ترانسکت‌های ۱۲،۱۳ و ۱۴ دارای بیشترین تغییرات است. دلیل عمده تغییرات، جابجایی خط‌القعر تحت تأثیر عوامل طبیعی است. تغییرات بازه اول در دوره اول اکثراً در پادگانه‌ها بوده است. در قسمت‌های خروجی از کوهستان، تغییرات کمتر و هرچه رودخانه به سمت دشت آبرفتی (دلتا) پیش می‌رویم بر میزان تغییرات افزوده‌شده است (ترانسکت ۹ تا ۲۲). به‌طورکلی تغییرات ایجادشده بیشتر تحت تأثیر عوامل طبیعی رخداده است. عوامل انسانی نیز در این بازه نقش داشته است. تبدیل اراضی جنگلی به زمین‌های کشاورزی و پیشروی این اراضی به سمت بستر رودخانه تا حدودی باعث تغییر در مسیر آبراهه شده است. همچنین در این بازه برای کنترل سیلاب، خاکریزهایی در قسمت‌هایی از ساحل رودخانه ایجاد کرده‌اند. در بازه اول طی دوره دوم تغییرات جزئی در داخل بستر مربوط به سال ۱۳۸۳ شده است. به‌عبارت‌دیگر تمام تغییرات رخداده در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۳ در داخل بستر خود رودخانه سال ۱۳۸۳ رخداده است. در بالادست بستر مربوط به سال

۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۳ کم‌عرض تر شده است و می‌تواند تحت تأثیر عامل عمیق‌تر شدن بستر رودخانه و سد مخزنی البرز در بالادست باشد. پیشروی اراضی کشاورزی به داخل بستر قدیمی رودخانه، کارگاه‌های شن و ماسه با پیشروی خود در بستر قدیم، احداث سد انحرافی گنج افروز در سال ۱۳۸۱ در روستای بالا گنج افروز و دیواره‌ها و خاکریزهای ایجادشده در این بازه ازجمله در منطقه سد گنج افروز به‌منظور جلوگیری از پیشروی بستر از عوامل انسانی مؤثر بر تغییرات بازه دوم در دوره اول است که در تغییر مسیر بستر نسبت به سال ۱۳۳۴ تأثیر داشته است. بازه سوم حالت پیچان‌رودی دارد. طبق روند طبیعی الگوی پیچان‌رودی انتظار می‌رود بیشترین تغییرات در بازه سوم که پیچان‌رودی است روی داده باشد؛ اما دخالت انسان از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۳ مانع این تغییرات زیاد در بازه سوم شده است و اغلب تغییرات جزئی در این بازه روی‌داده است. بازه سوم در طی دوره اول که کلاً تحت پوشش زمین کشاورزی بوده است به مرور زمان تبدیل به مناطق مسکونی و شـهرک‌ها شده است. لذا این تغییرات جزئی اهمیت تثبیت بیشتر رود در مناطق مسکونی را نسبت به زمین‌های کشاورزی در سال‌های قبل بیشتر کرده است و سبب شده است در بعضی مناطق دیوارهایی برای تثبیت بستر رود احداث‌شده است. پوشش انبوه درختچه‌ای و نیزارها در بازه سوم مانع از پیشروی رودخانه به دو طرف بستر و مخصوصاً زمین‌های زراعی اطراف می‌شود و در تحدید آبراهه در این بازه نقش داشته است. همچنین عبور رود از بافت شهری در بازه سوم در این تثبیت‌شدگی و کنترل بستر رود نقش مؤثری داشته است. توسعه و احداث زیرساخت‌ها ازجمله جاده ساحلی در حاشیه رود و دیواره‌هایی که برای حفظ حریم ایجاد کردند در تثبیت بستر رود نقش داشته است. اثر پوشش گیاهی در تمام بازه‌ها شرایط مشابهی دارد و اغلب کناره‌های سواحل، از باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی پوشیده شده و پوشش گیاهی در بیشتر نواحی از نوع درخت و درختچه‌های بوته‌ای و نیزار است که این امر در بازه سوم بیشتر از دو بازه دیگر به چشم می‌خورد. پوشش گیاهی در بازه سوم که عموماً از نوع درخت و درختچه‌های بوته‌ای و نیزار است کناره‌ها را که عمدتاً از رسوبات ریزدانه و چسبنده تشکیل‌شده در مقابل تنش برشی آب محافظت می‌کند و موجبات پایداری نسبی الگوی رود می‌شود. پوشش انبوه درختچه‌ای و نیزارها مانع از پیشروی رودخانه به سمت اراضی زراعی و مناطق مسکونی می‌شود و در تثبیت بستر رودخانه نقش بسیاری داشته است. کشاورزان برای حفاظت از زمین‌ها و باغ‌های خود به سمت رودخانه پیشروی کرده و حاشیه رودخانه توسط تل خاک و خاکریزهایی تثبیت‌شده است که این در تغییر بستر رودخانه در بازه‌ها نقش دارد. روند تغییرات ۶۰ سال اخیر شامل تبدیل مناطق جنگلی به اراضی کشاورزی، باغ‌ها که در هر سه بازه مشاهده می‌شود و ساخت شهرک‌های بسیار در بازه سوم ازجمله شهرک شهرداری، طالقانی، اندیشه، آزادگان و غیره است. بیشتر این زمین‌های زراعی آب موردنیاز خود را از این رودخانه به دست می‌آورند و آب مازاد آن‌ها موجب فرسایش و تغییر بستر رودخانه شده است. همچنین ایجاد شهرک‌ها و ساخت‌وساز در حاشیه رودخانه در بازه سوم موجب تثبیت حاشیه

رودخانه توسط شهرداری و سازمان‌های مربوطه شده است. تغییرات کاربری اراضی که در محیط شهری (بازه سوم) صورت گرفته موجب تثبیت مورفولوژی رودخانه شده و شاهد کمترین تغییرات در این بازه هستیم. تبدیل اراضی جنگلی و کشاورزی به مناطق مسکونی و شهرک‌ها را در بازه سوم شاهدیم که این امر سبب تثبیت بستر رودخانه توسط سازمان‌های مربوطه شده است. اثر سدها در منطقه موردمطالعه به گونه‌های مختلفی اعمال‌شده است. سد البرز از طریق تنظیم جریان رودخانه در پایین‌دست موجب شده است تا تغییرات بستر ناشی از سیل کاهش یابد. سدهای انحرافی از جمله سد گنج افروز و آبشارهای ایجادشده در مسیر رودخانه به‌منظور تأمین آب موردنیاز کشاورزی علاوه بر کاهش حجم دبی آب رودخانه، از طریق دیوار-هایی که در حاشیه آن ایجادشده است بستر رودخانه را به مقدار زیادی تثبیت نموده است. ازنظر تأثیر بر میزان تغییرات آبراهه در بازه‌های موردمطالعه نیز این عامل در بازه دوم بیشترین تأثیر را داشته است و میزان تأثیر آن در بازه دوم و سوم به‌مراتب کمتر است. در اطراف بازه دوم و سوم محدوده موردمطالعه از رودخانه بابل رود کارگاه‌های شن و ماسه و سنگ وجود دارد که شن و ماسه و سنگ موردنیاز خود را از بستر رودخانه برداشت می‌کنند که این امر تأثیر بسزایی در مورفولوژی آبراهه دارد. بنابراین بیشترین تغییر را در بازه دوم داریم که عامل اصلی تغییر آن، با توجه به موارد یادشده در بالا انسان و دخل و تصرف آن است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ـ حسینی، سیدجواد (۱۳۹۲)، **بررسی عوامل مؤثر در تکامل پیچان‌رودی زنجان رود و پهنه‌بندی پایداری پادگانه‌های آن**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

ـ خانی سدهی، مینا (۱۳۷۴)، **بررسی هیدرومورفولوژی حوضه آبریز رودخانه بابل**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

ـ رنگزن، کاظم؛ صالحی، بهرام و سلحشوری، پروین (۱۳۸۷)، **بررسی تغییرات منطقه پایین‌دست سد کرخه قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر چندزمانه Land Sat**، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک.

ـ سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران، **لایه‌های رقومی نقاط روستایی، شهرها، جاده‌ها، کاربری اراضی و با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰**.

ـ فرخی، زهرا؛ بارانی، غلامعباس؛ ارشد، صالح (۱۳۸۴)، **بررسی تغییرات پلان رودخانه استفاده از سنجش‌ازدور و GIS،پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران**، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

ـ مرید، س. و همکاران (۱۳۸۳)، **بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از سنجش‌ازدور**، طرح تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس.

ـ مقصودی، مهران؛ شرفی، سیامک؛ مقامی، یاسر (۱۳۸۹)، **روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانه خرم‌باد با استفاده از RS,GIS و Auto Cad**، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا.

ـ یمانی، مجتبی؛ حسین‌زاده، محمدمهدی و نوحه‌گر، احمد (۱۳۸۵)، **هیدرودینامیک رودخانه‌های تالار و بابل و نقش آن‌ها در ناپایداری و تشخیص مشخصات هندسی آن‌ها**، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵.

ـ یمانی، مجتبی؛ علایی طالقانی، محمود و شهبازی، صبریه (۱۳۹۰)، **مورفوتکتونیک و تأثیر آن بر تغییرات بستر والگوی رودخانه قره‌سو**، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۷.

ـ یمانی، مجتبی؛ فخری، سیروس (۱۳۹۱)، **بررسی عوامل مؤثر در تغییرات الگوی رودخانه جگین در جلگه ساحلی مکران**، جغرافیا، شماره ۳۴.

ـ یمانی، مجتبی؛ قدیمی، مهرنوش؛ نوحه‌گر، احمد (۱۳۹۲)، **بررسی تغییرات زمانی خط ساحلی شرق تنگه هرمز از طریق تحلیل آماری نیمرخ‌های متساوی البعد (ترانسکت)**، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲.

ـ یمانی، مجتبی؛ مقیمی، ابراهیم؛ معتمد، احمد؛ جعفربیگلو، منصور؛ لرستانی، قاسم (۱۳۹۲)، **بررسی تغییرات سریع خط ساحلی قاعده دلتای سفیدرود به‌روش تحلیل نیمرخ‌های متساوی‌البعد**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۲.

-Chu, Z.X.X.G. Sun, S.K. Zhai, K.H.XU. (2006), **Changing pattern of Accretion /Erosion of the Modem Yellow River (Huanghe) Subaerial Delta**. China: Based on Remote Sensing Images, pp.13-30

-Gabor, Timer (2003), **Controls on channel sinuosity changes. A case study of the Tisza River, The Great Hungarian plain**, Quaternary science Reviews, 22. P, 2206.

-Matusta, Iware (2011), River morphology and channel processes, fresh surface water.

-Leopold, L.B & M.G., Wolman (1957). **River Channel Pattern -braided, Meandering and Straight**. USGS. Professional Paper.282.B.

-Shafieefar, M. (2001). **Migration pattern of Final Bends of Zohreh River Case study of a young river**. proc. of XXIX IAHR Hydraulic.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی